ضرغامی، سعید (۱۳۹۳). تبیینی سازه گرا/ واقع گرا درباره چیستی علم و عناصر آن: زمینه ای برای باز اندیشی درباره آموزش علوم. *پژوهش‌نامه مبانی تعلیم و تربیت*، ۴ (۱)، ۲۸- ۵.

تبیینی سازه گرا/واقع گرا درباره چیستی علم و عناصر آن: زمینه‌ای برای باز اندیشی درباره آموزش علوم

سعید ضرغامی[۱]

تاریخ دریافت: ۹۲/۹/۲۲　　تاریخ پذیرش: ۹۳/۲/۱۵

چکیده

هدف اصلی این پژوهش، ارائه بینشی سازه گرا/ واقع گرا درباره ویژگی‌ها و عناصر ماهوی علم بر مبنای تحول تاریخی دیدگاه‌های فلسفی درباره علم در راستای بازاندیشی درباره آموزش علوم می‌باشد. برای دست‌یابی به این هدف از روش پژوهش تحلیل مفهوم‌ها و نیز ارزیابی ساختار مفهومی بهره گرفته شد. بر مبنای یافته‌های حاصل از این پژوهش، مدلی دو بعدی در تبیین عناصر علم و ویژگی‌های ماهوی مرتبط با آنها به دست آمد که در یک بعد آن عناصر چرخه علم شامل مشاهده و تجربه، نظم و نظریه، و سرانجام پیش بینی و در بعد دیگر، ویژگی‌هایی برای علم بر شمرده شد که برخی ناظر به ویژگی‌های سازه‌ای و برخی دیگر ناظر به ویژگی واقعی علم می‌باشند. بر این اساس، نکته‌هایی برای بازاندیشی درباره آموزش علوم با تاکید بر نقش فرهنگ در جهت دهی به مشاهده و تجربه، ماهیت تبیینی- استنباطی- ابداعی نظریه‌ها و ایده‌های علمی و در نتیجه موقتی و تحول یابنده علم، ماهیت خلاقانه، هنری و روش آزاد علم و آزمون پذیری ایده‌ها و نظریه‌های علمی بر اساس ملاک‌هایی چون انسجام، دقت، میزان سازگاری با وضعیت‌های تجربی پسین و تقریب‌های جسورانه و پیچیده مورد نظر قرار گرفت.

کلید واژه‌ها: *فلسفه علم، سازه گرایی، واقع گرایی، آموزش علم*

مقدمه

آموزش علوم و چالش‌ها و کاستی‌های آن از جمله موضوع‌هایی هستند که نظام‌های آموزشی در کشورهای گوناگون با آن روبرو هستند. اهمیت آموزش علوم به حدی است که امروزه پژوهش‌های فراوانی درباره آن انجام شده است و چندین دانشنامه نیز در این باره به چاپ رسیده است (به طور نمونه،

---

۱. دانشیار گروه فلسفه تعلیم و تربیت دانشگاه خوارزمی، zarghamii2005@yahoo.com

Abell & Lederman, 2007; Mintzes & leonard, 2006; Gabel, 1994; Fraser & Tobin, 1988 Frasser, Tobin & McRobbie, 2012). بیش از این پژوهش‌های بین‌المللی و گسترده انجمن بین‌المللی ارزشیابی پیشرفت تحصیلی[1] درباره چگونگی آموزش و ارزشیابی علوم و ریاضی در نظام آموزشی کشورهای مختلف موسوم به تیمز[2] از سال ۱۹۹۵ تاکنون در حال انجام است که گفتنی است وضعیت آموزش علوم و ریاضی در ایران با توجه به معیارهای بین‌المللی چندان مناسب نیست[3].

در این زمینه چه بسا گفته می‌شود که آموزش علوم تجربی نباید به انتقال دانسته‌های علمی فروکاسته شود. چنانکه، متیوس اشاره می‌کند در آموزش علوم انتظار آن است که به جای فقط انتقال اطلاعات علمی، روحیه علمی در فراگیران پرورش یابد. به گونه‌ای که آنها به درک پیچیده‌تر و کامل‌تری از علم برسند و بیش از این آگاهی شناخت شناسانه آنها در زندگانی نیز پرورش یابد (Mathews, 2000). به باور متیوس با گام نهادن در چنین راهی پرسش‌هایی از این گونه در قلمرو آموزش علم مهم می‌شوند که توصیف علمی چیست؟ مدل‌های علمی چه کاربردی در علم دارند؟ یک فرضیه پیش از اثبات به چه میزان تأیید نیاز دارد؟ آیا شیوه‌هایی برای سنجش ارزش برنامه‌های پژوهشی رقابتی وجود دارند؟ چنین پرسش‌هایی نشان دهنده نگاه به آموزش علوم تجربی از منظری متفاوت و بر مبنای بررسی ویژگی‌های ماهوی علم است که هر پاسخی به آنها پیامدهایی را برای آموزش علوم در پی خواهد داشت

در نگاهی کلی‌تر به نظر می‌رسد آموزش علوم با دیدگاه‌های گوناگون در قلمرو فلسفه علم پیوند و بستگی دارد کلارک در روشنگری این موضوع اشاره می‌کند که دیدگاه‌های فلسفی معین درباره درس‌ها، الزام‌هایی را در پی می‌آورند که کار معلم را در روش آموزش آن درس متأثر می‌کند. برای نمونه در ریاضی، دیدگاه‌های فلسفی گوناگونی وجود دارد که پذیرش هر یک از طرف معلم، در آموزش و تدریس او نقش آفرینی می‌کند (Clarck, 1997). نقیب زاده نیز بر این عقیده است که درباره فلسفه ریاضی دو دیدگاه روان‌شناختی و تحلیلی را می‌توان از یکدیگر جدا کرد. جان استورات میل نماینده دیدگاه روان‌شناختی و با پیروی از سنت تجربه گرایی در فلسفه، ریاضی را پدید آمده از تجربه‌های حسی و دارای زمینه‌ای روان‌شناسانه می‌داند. از سوی دیگر فرگه[4] با رد دیدگاه جان استوارت میل، گزاره‌های

---

1 . IEA

2. Trends International Mathematics and Science Study (TIMSS)

3. این نتایج در سایت پژوهشکده تعلیم و تربیت در لینک مطالعه های بین‌المللی گزارش شده است. بیش از این همه اطلاعات مربوط به چنین پژوهش هایی در سایت انجمن بین‌المللی ارزشیابی پیشرفت تحصیلی وجودارد. قابل بازیابی در: www.iea.nl

1 .Frege

ریاضی را نه از نوع گزاره‌های تجربی ترکیبی بلکه از گونه گزاره‌های تحلیلی و مانند قلمرو منطق می‌داند. در این راستا، ویتگنشتاین با پیگیری و چه بسا نقد برخی از این اندیشه‌ها، دیدگاه تحلیلی ویژه خود را مطرح می‌کند. به باور او گزاره‌های منطقی، نوعی همان گویی[1] است که می‌تواند در قالب گزاره‌ای ریاضی بیان شود. درستی یک گزاره منطقی را می‌توان از نشانه‌هایی که در آن به کار برده شده است، نتیجه گرفت. برای نمونه درستی قطعی گزاره «برف می‌بارد یا نمی‌بارد» به دانستن معنی «یا» بر می‌گردد ولی باید توجه کرد این نکته هیچ چیز بر دانش ما درباره جهان واقعی نمی‌افزاید. او بر آن است برهان منطقی نیز نتیجه گیری گزاره‌ای منطقی از سایر گزاره‌های منطقی است و می‌افزاید گزاره‌های ریاضی نیز که با موضوع‌های واقعی سرو کار ندارند، از سویی بی معنی یا میان تهی هستند و از سوی دیگر از لزوم منطقی برخوردارند. او در مقابل رویدادهای واقعی جهان را که با قوانین استقراء قابل استنتاج می‌باشند را معنی دار می‌داند، اما تأکید می‌کند که از لزوم منطقی برخوردار نیستند. پذیرش هر یک از این دیدگاه‌های رویارو از طرف معلم ریاضی، آموزش‌های ریاضی متفاوت را در پی خواهد داشت به شکلی که اگر معلم دیدگاه روان‌شناختی/تجربی را درباره ریاضی بپذیرد، تدریس او نیز مانند تدریس علوم تجربی بر بنیاد تجربه‌های حسی دانش آموزان و به تعبیری در «آزمایشگاه ریاضی» خواهد بود (Naghib Zadeh, 2008). اما چنان‌که کلارک نیز اشاره می‌کند، اگر دیدگاه فلسفی فرگه درباره ریاضی از سوی معلم ریاضی یا در فلسفه برنامه درسی پذیرفته شود، در این صورت روش آموزش ریاضی نمی‌تواند به صورت روش آموزش علوم تجربی یعنی بر حسب فرضیه و آزمایش انجام شود. لذا، با الهام از نگرش ویتگنشتاین درباره نسبت و بستگی ذاتی منطق و ریاضی، چه بسا آموزش منطق و ریاضی را به هم پیوسته و جدایی ناپذیر پیشنهاد می‌کند (Clarck, 1997).

از سوی دیگر و در ارزیابی واقعیت‌های آموزشی موجود، مک کومس و همکاران به این نتیجه رسیدند که بیشتر آموزش‌های علمی پیرامون بدنه و اصطلاح شناسی دانش علمی است و ماهیت علم را در بر نمی‌گیرد و این وضعیت کاستی بزرگی در آموزش علوم است. چنین کاستی در فرایند آموزش علوم می‌تواند دلایل گوناگونی داشته باشد. از جمله این دلایل می‌توان به برخی عناصر برنامه درسی علوم چون هدف‌ها و محتوای علمی کتاب‌های علوم و نیز دانش و روش آموزش و ارزشیابی معلم‌ها اشاره کرد. برای نمونه آنها به نتایج پژوهش بنتلی و گریسون[2] (۱۹۹۱) اشاره می‌کنند که اندیشه‌های طرح شده در بسیاری از کتاب‌های مرجع علوم در مدارس درباره ماهیت علم، ساده‌انگارانه، ناکامل، بی توجه به بینش‌های نو درباره

---
[1]. tautology
[2]. Bentley & Garrison

ماهیت علم و چه بسا نارروا هستند (Mc Comas, Clough & Almazroa, 2000). از سوی دیگر، لدرمن اشاره می‌کند بسیاری از پژوهش‌ها گویای آن است که دانش معلم‌ها نیز درباره ماهیت علم ناکافی و حتی گاه نارواست و همین امر یکی از دلایل اصلی نا موثر بودن آموزش علوم است (Lederman, 2007). چنین است که در سال‌های اخیر برخی پژوهشگران و اندیشمندان در صدد برآمدند تا دیدگاه‌های متفاوتی را برای آموزش علم بر بنیاد فلسفه علم تبیین و پیشنهاد کنند (به طور نمونه، Mathews,1994; Pietschman, Bagheri, Wallner, 1995; Mc Comas, 2000; Peters, 2006; Taber, 2006; 1995; Niaz, 2008; 2010).

بنابراین، در این پژوهش با نظر به تحول تاریخی اندیشه‌ها درباره ماهیت علم و با برگرفتن بینشی سازه گرا/ واقع گرا تلاش می‌شود ویژگی‌ها و عناصر ماهوی علم تبیین شود. برای این منظور به قلمروهایی از علوم تجربی و تحولات آنها نیز توجه شده است. چنین توجهی از آن روست که به نظر می‌رسد بسیاری از نظریه‌های فلسفی درباره ماهیت علم و روش شناسی آن بر مبنای تحلیل و بررسی علوم تجربی نوین و چگونگی پدیدآیی آنها از سوی دانشمندان، صورت بندی و عرضه شده‌اند.

لسی در این باره به دیدگاه فیلسوفانی چون لاک، لایبنیتس، هیوم و کانت درباره علم اشاره می‌کند که نظریه‌های خود را با توجه به تحلیل و بررسی علوم تجربی نوین و به ویژه فیزیک نیوتنی بنا کرده‌اند (Losee, 2001).

گبی، تاگارد و وودز[1] نیز در این باره می‌نویسند: «...گرچه هنوز فیلسوفانی هستند که معتقدند می‌توان نظریه‌هایی درباره دانش و واقعیت را با بهره گیری از اندیشیدن محض گسترش داد، اما بسیاری از فیلسوفان امروزه بر این باورند که برای چنین کاری لازم و ارزشمند است که به یافته‌های جدید علمی نیز توجه کنیم.» (Hooker, 2011, p.V). همین موضوع کم و بیش درباره دیدگاه‌های معاصر فلسفه علم نیز مصداق دارد. سپس، در گام بعدی و بر بنیاد تبیین ماهیت علم و عناصر آن، نکته‌هایی برای بازاندیشی آموزش علوم تجربی به ویژه برای دوره متوسطه طرح شده است.

این پژوهش در راستای تعیین حدود پژوهش، از آن رو بیشتر بر تدریس علوم تأکید کرده است که به نظر می‌رسد نقش معلم در فرایند آموزش علوم، نقشی بنیادین و تعیین کننده است. در همین باره پژوهش‌های فراوانی نیز نشان داده‌اند که با وجود اهمیت دیگر عناصر برنامه درسی، نقش معلم در فرایند تربیت، بیش از همه است (Mc Comas et al., 2000). این نکته در قلمرو آموزش علوم نیز مصداق دارد.

---

[1]. Gabbay, Thagaard & Woods

فلسفه‌های علم: بینش‌های واقع گرا/سازه گرا

در طول تاریخ فلسفه علم به ویژه تاریخ معاصر، نظریه‌های شناخت شناسانه گوناگونی درباره ماهیت علم و چگونگی پیدایش و گسترش آن پدید آمده‌اند. چالمرز دیدگاه‌های گوناگون معاصر درباره ماهیت علم و چگونگی دست‌یابی به آن را به طیفی تشبیه می‌کند که در یک سوی آن دیدگاه واقع گرایی و در سوی دیگر آن دیدگاه ضد واقع گرایی قرار دارد. او تارسکی[1]، پوپر[2] و لاکاتوش[3] را نماینده معاصر دیدگاه واقع گرایی و کوهن[4]، ون فرسن[5] و فایرابند[6] را نماینده معاصر دیدگاه ضدواقع گرایی می‌داند. واقع گرایان با طرح معیار انطباق، درستی گزاره‌های علمی را در انطباق آن‌ها با واقعیت می‌سنجند. به طور نمونه، از نظر واقع گرایان گزاره «برف سفید است» آنگاه درست است که برف در واقع سفید باشد (Chalmers, 1999). در این باره، پوپر نظریه تطابق مطلق را دارای دشواری‌ها و کاستی‌هایی دانسته و بر این باور است که تارسکی با اصلاح و تعدیل آن توان تازه‌ای به آن بخشیده است. تارسکی برای این منظور فرا زبانی معنی شناختی را ابداع کرده است. در این فرا زبان نیازمند توضیح مقدمه‌هایی درباره زبان مورد استفاده و نیز روشنگری مجموعه‌ای از قراردادها و تعریف‌ها در قلمرو شناخت شناسانه مخصوصی هستیم (Popper, 2010).

در سوی دیگر طیف، ضد واقع گرایان بر این باورند که محتوای هر گزاره علمی فقط مجموعه‌ای از ادعاهاست که می‌تواند با تجربه یا مشاهده تأیید شود. در نگاه بسیاری از ضدواقع گرایان، نظریه‌های علمی فقط ابزارهایی هستند که با بهره گیری از آنها می‌توان مشاهده‌ها یا تجربه‌ها را به هم مربوط ساخت یا آنها را پیش بینی کرد. بنابراین، در نگرش ابزارگرایانه ضدواقع گرا، سخن از درستی یا نادرستی گزاره‌ها روا نیست. این نوع نگرش نیز طرفدارانی دارد که یکی از آنها در قلمرو تعلیم و تربیت و روان شناسی است که نظریه سازه گرایی رادیکال[7] را طرح کرده است (Glasresfeld, 2001). گلسرزفلد نیز همسو با دیگر سازه گرایان و در رویارویی با نگرش واقع گرایان سنتی بر این باور است که دانش را نمی‌توان بازنمای[8] واقعیتی بنیادین[9] پنداشت، بلکه دانش سازه‌ای است که در فرد و در نتیجه فعالیت او ساخته می‌شود و از این رو دانش را نمی‌توان همچون کالا یا محصولی نگریست که می‌تواند از فرد جدا شده و برای نمونه در

1. Tarski
2. Popper
3. Lakatos
4. Kuhn
5. Van Fraassen
6. Feyerabend
7. radical constructivism
8. representation
9. an essential reality

ارتباطی زبانی[1] از فردی به فرد دیگر منتقل شود.

چنانکه والنر نیز اشاره می‌کند، هر یک از این دیدگاه‌ها از سوی برخی منتقدین مورد پرسش قرار گرفته‌اند. دیدگاه واقع گرایی بیشتر از آن رو که توان تبیین واقعیت نظریه‌ها و مدل‌های علمی و تغییر و تحول آنها را ندارد و دیدگاه ضدواقع گرایی از آن جهت که به نسبی گرایی می انجامد، به پرسش گرفته شده است (Wallner, 1994). در همین راستا با توجه به چنین نقدهایی و در نتیجه کاستی این فلسفه‌های سنتی علم در تبیین ماهیت علم، در دهه‌های اخیر دیدگاه‌های گسترده و متفاوت دیگری در بسترها و زمینه‌های متفاوتی پدید آمده‌اند که نه واقع گرایی و نه ضد واقع گرایی محض است(Wallner, 1998) . از جمله این دیدگاه‌ها می‌توان به نظر اندیشمندانی چون باسکار (۲۰۰۸)، هنا و هریسون (۲۰۰۲)، والنر (۱۹۹۴) و باقری (۱۹۹۵) (Wallner, 1994; Hanna & Harrison, 2002; Bhaskar, 2008; Bagheri, 1995) اشاره کرد. به طور نمونه، نظریه شناخت شناسانه رئالیسم سازه‌گرا که از سوی والنر مطرح شده است واکنشی به زیاده‌روی و کاستی‌های هر یک از دیدگاه‌های خردگرایی و نسبی‌گرایی در تبیین چیستی علم و چگونگی گسترش آن است (Wallner, 1994). چنانکه والنر و جندل اشاره می‌کنند، در این دیدگاه دو مفهوم جهان موجود[2] و محیط[3] به ترتیب رویاروی میکرو جهان[4] و واقعیت[5] قرار می‌گیرند. جهان موجود همان است که آدمی هم از منظر بیولوژیک و هم از منظر فرهنگی در آن زندگانی می‌کند. وجود چنین جهانی شک ناپذیر و در عین حال فهم ناپذیر است. در عین حال یادگیری درباره جهان موجود و نیز تسلط بر آن امکان‌پذیر است. در برابر جهان موجود، میکرو جهان‌ها قرار دارند. میکرو جهان، نظامی از گزاره‌هاست که با هدف یادگیری درباره جهان موجود، تسلط و اداره آن از سوی آدمی ساخته می‌شود. بر چنین بنیادی، واقعیت نیز رویاروی محیط قرار می‌گیرد. واقعیت جمع نظام‌مند میکروجهان‌ها یا به سخن دیگر جهان شناختی آدمی است که محصول فرایند ساخت میکروجهان‌ها است. میکروجهان ها و در نتیجه واقعیت شک پذیر و در عین حال فهمیدنی است (Wallner & Jandle, 2006).

براساس آنچه گفته شد، می‌توان ویژگی‌های میکروجهان‌ها را این چنین توصیف کرد (Wallner, 1998) . میکرو جهان‌ها ساخت‌های انسانی هستند که آدمی در ساخت آنها آزادی دارد و به بیان دیگر میکرو جهان‌ها محصول خیال‌ورزی آزادانه آدمی است. میکرو جهان‌ها نسبت به جهان موجود،

---

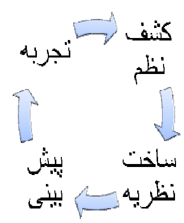
[1]. linguistic communication
[2]. given world
[3]. environment
[4]. micro world
[5]. reality

ساده‌انگارانه و به تعبیری فقیر و بی‌کیفیت هستند، اما هدف‌ها و کاربردهای روشنی دارند که همان تسلط بر و اداره بخشی از جهان موجود است. با این نگاه میکرو جهان‌ها خصلت نسبی و ابزاری می‌یابند که در صورت ایفای مناسب نقش خود حفظ و در غیر این صورت کنار گذاشته می‌شوند. بر چنین زمینه‌ای است که والنر در رویارویی با نگرش پوزیتیویستی درباره علم و در واکنش به آن، سازه‌گرایی[1] را به جای توصیف‌گرایی[2] و ادعای فهم[3] را به جای اعتبار نسبی[4] پیشنهاد می‌کند (Wallner, 1994).

بررسی این دیدگاه و دیگر دیدگاه‌های مورد وصف، موضوع مهمی است، اما در این پژوهش هدف از اشاره به این دیدگاه‌ها به ویژه دیدگاه رئالیسم سازه گرای والنر از آن رو است که در ارائه بینشی درباره ماهیت علم و عناصر آن با نظر به این دیدگاه، جنبه‌هایی واقع‌گرایانه را در کنار جنبه‌هایی سازه گرایانه پی می‌گیرد.

ماهیت علم و عناصر آن: بینشی سازه گرا/واقع گرا

می‌توان علم را به فرایندی تشبیه کرد که در بردارنده عنصرها و عامل‌هایی است. ترفیل این فرایند را به چرخه‌ای تشبیه می‌کند که شامل عنصرهایی مانند تجربه و مشاهده، کشف نظم‌ها، ساخت نظریه‌ها و پیش بینی است (Trefil, 2003). به نظر می‌رسد بتوان این چرخه را مانند آنچه در شکل (۱) نشان داده شده است، به تصویر کشید.



شکل ۱: چرخه علم: عنصرها و عامل‌ها

در این چرخه، یکی از عنصرها، تجربه و مشاهده است. ترفیل نیز مانند دیگر نظریه پردازان ماهیت علم، بر این باور است که شناخت جهان مستلزم مشاهده و تجربه آن است. این عنصر ناظر به جنبه واقع‌گرایانه علم است که در دیدگاه والنر به تجربه جهان موجود و محیط تعبیر شده است

[1]. constructivism
[2]. descriptivism
[3]. claim to understanding
[4]. relative validity

(Wallner, 1998). در این باره، نکته نخست تفاوت مشاهده و تجربه است به گونه‌ای که تجربه می‌تواند از سوی دیگران رخ داده باشد و دانشمند فقط درباره آن مطلع شده باشد. در حالی که مشاهده را خود دانشمند انجام می‌دهد. نکته دیگر، سرشاری مشاهده‌ها و تجربه‌ها از نظریه‌هاست که بسیاری از فلسفه‌های معاصر علم و از جمله فلسفه‌های واقع گرا/سازه گرا بر آن تأکید دارند (به طور نمونه ;Bhaskar, 2008 Hanna & Harrison, 2002; Wallner, 1998; Bagheri, 1995; Mc Comas, et al, 2000). منظور از نظریه در اینجا پیش فرض‌ها، باورها و به طورکلی جهان بینی است که دانشمند از پس آن رویدادها را مشاهده کرده و تجربه می‌کند. چنین است که دانشمند از پس باورهای دینی، اخلاقی، خانوادگی، تاریخی، اجتماعی و به طور کلی فرهنگی خود به سراغ مشاهده و تجربه رویدادها می‌رود و همین موضوع محصول پژوهش یعنی دانش علمی را نیز متأثر می‌کند. در این باره، والنر تعبیر واقعیت را به کار می‌برد. واقعیت جمع نظام‌مند میکروجهان‌ها یا به سخن دیگر جهان شناختی آدمی است که مشاهده‌ها و تجربه‌های او را جهت و سازمان می‌دهد (Wallner, 1994). لدرمن واژه سوبژکتیو را به کار می‌برد. او براین باور است که دانش علمی، سوبژکتیو و سرشار از نظریه است؛ به این معنا که تعهدهای نظریه‌ای، باورها، دانش پیشین، آموزش‌ها، تجربه‌ها و توقع‌ها، مسئله‌های علمی و چگونگی پژوهش درباره آنها، آنچه از سوی دانشمندان مشاهده می‌شود یا نمی‌شود و نیز چگونگی معنا دهی یا تفسیر مشاهده‌های آنها را متأثر می‌کند. لدرمن از این بحث به نکته دیگری می‌رسد و آن این است که علم همچون فعالیت انسانی، محصول عوامل فرهنگی است. علم از عنصرهای گوناگون فرهنگی که در بستر آنها می‌روید، متأثر شده و نیز بر آنها اثر می‌گذارد. او به عنصرهایی چون ساختارهای قدرت، عوامل سیاسی، اقتصادی و اجتماعی، دین به ویژه فلسفه اشاره می‌کند (Lederman, 2007). چنین تأثیر و تأثری ناظر به بعد سازه گرایانه علم است.

گلدمن، دراین باره به مثالی تاریخی درباره شکل گیری مدل‌های اتمی اشاره می‌کند. او بر این باور است که گرچه مدل‌های اتمی در دوران نو پدید آمدند، ولی بستر پیدایش چنین مدل‌هایی به یونان باستان باز می‌گردد و فیزیولوگ هایی چون لئوکیپوس و دموکریتوس بودند که مفهوم اتم را در تبیین آن چه جهان از آن ساخته شده است، به کار بردند. اما نکته اینجاست که پیدایش چنین مفهومی، نتیجه منطقی و مستقیم مشاهده رویدادهای طبیعی و استنباط دیدگاهی درباره آن نبود، بلکه نظریه اتمی، تلاشی برای تبیین طبیعی دیدگاه‌های فلسفی پارمیندس و هراکلیتوس درباره جهان بوده است (Goldman, 2007). هراکلیتوس همه چیز را در حال شدن مدام می‌دانست، اما پارمیندس بر آن بود که در جهان ورای چیزهای دیده شدنی و در حال تغییر، واقعیتی پایدار، یگانه و همیشه همان وجود دارد و آن همانا «بودن» حقیقی

است. همین مفهوم‌های بودن و شدن در نظریه اتمی لئوکیپوس و دموکریتوس نمایان می‌شود. آنها بر این باورند که جهان از ذره‌های کوچک مادی و بخش ناپذیر پدید آمده است. آنها این ذره‌های کوچک را «اتم» یعنی بی بخش می‌نامند و برآنند که گرچه جهان در حال تغییر، مرکب از آمیختن و به هم پیوستن آن‌هاست ولی خود «اتم» ها تغییر ناپذیر و پایدارند.

دو عنصر دیگر چرخه علم، کشف نظم‌ها و ساخت نظریه‌هاست. چنانکه ترفیل اشاره می‌کند دانشمندان پس از مشاهده‌ها و تجربه‌های گوناگون و بر پایه نگرشی که دارند، تلاش می‌کنند چگونگی رفتار برخی جنبه‌های طبیعت را آشکار کنند و آن را در قالب گونه قاعده مندی در طبیعت بیان کنند. برای نمونه، تیلمن با انجام برخی آزمایش‌های بوم شناختی درباره اثرات نیتروژن در می‌یابد که با افزایش نیتروژن خاک، بیومس (یا همان مواد گیاه) آن نیز افزایش می‌یابد (Trefil, 2003). تلاش برای یافتن نظم موجود در طبیعت ناظر به جنبه واقع‌گرایانه علم است. باور به وجود جهان موجود و نیز محیط در نظریه والنر ناظر به جنبه‌هایی از جهان است که گرچه فهم ناپذیرند، اما مانند معیاری برای آزمون میکروجهان ها یا باورهای علمی دانشمندان عمل می‌کنند (Wallner, 1998).

پس از کشف نظم، نوبت آن است که دانشمند استنباط کند که آیا چنین نظمی، گویای چگونگی کارکرد بخشی از طبیعت است یا نه؟ یا آیا این نظم در کنار نظم‌های پیشین شناخته شده، تصویر گسترده‌تری از کارکرد طبیعت ارائه می‌کند؟ در پاسخ به چنین پرسش‌هایی دانشمندان حدس‌های خود درباره چگونگی کارکرد جهان را می‌سازند که فرضیه نامیده می‌شود. به طور نمونه، کپلر پس از تیکو براهه و بر مبنای نظم‌هایی که او کشف کرده بود، قواعد سه‌گانه خود در تبیین حرکت ستارگان را مانند فرضیه‌ای علمی ارائه کرده است. فرضیه سازی یا به تعبیر والنر پدید آوردن میکروجهان ها، ناظر به جنبه سازه گرایانه علم است. در این خصوص و در قلمرو علم بیش از مفهوم‌های فرضیه، از مفهوم‌های دیگری مانند نظریه و قانون نیز بهره گرفته می‌شود. چنانکه لدرمن نیز اشاره می‌کند، تصور رایج، ساده نگر و چه بسا ناروایی وجود دارد که رابطه میان نظریه‌ها و قوانین را سلسله مراتبی می‌داند به گونه‌ای که نظریه‌ها بسته به میزان شواهد حمایت کننده به قوانین تبدیل می‌شوند (Lederman, 2007). در این معنا جایگاه هستی شناسانه قانون‌ها بالاتر از نظریه‌هاست. مک کومس و همکاران نیز با ناروا خواندن چنین برداشتی به نقش متفاوت نظریه‌ها و قانون‌ها در علم اشاره کرده و تاکید می‌کنند که نظریه‌های علمی به صرف شواهد بیشتر به قانون تبدیل نمی‌شوند (Mc Comas et al., 2000). لدرمن در اصلاح این برداشت چنین استدلال می‌کند که نظریه‌ها و قانون‌ها دوگونه متفاوت علم هستند. قانون‌ها بیشتر گزاره‌های توصیف کننده

چگونگی رابطه میان پدیده‌هایی هستند که مشاهده می‌شوند. برای نمونه قانون بویل و ماریوت، رابطه میان فشار و حجم یک گاز بسیار رقیق در دمای ثابت را نشان می‌دهد، اما نظریه‌ها تبیین‌های استنباط شده برای پدیده‌هایی هستند که مشاهده می‌شوند. چنین است که نظریه مولکولی سینتیک، تبیینی برای آنچه قانون بویل، ماریوت، شارل و گیلوساک توصیف می‌کند، ارائه می‌کند (Lederman, 2007, p. 833). با این نگاه، قانون بیشتر ناظر به جنبه توصیفی/ اکتشافی رویدادها و نظریه بیشتر ناظر به جنبه استنباطی/ساختنی علم است. در حالی که به باور ترفیل همواره چنین نسبتی میان نظریه و قانون برقرار نیست. او حتی اشاره می‌کند که بهره گیری متفاوت از این دو مفهوم به سابقه تاریخی بهره گیری از این مفهوم‌ها توسط دانشمندان باز می‌گردد. او در این باره قانون گرانش نیوتن را با نظریه نسبیت اینشتین مقایسه می‌کند. به باور او هر تأییدی برای قانون جهانی گرانش موید نظریه نسبیت نیز هست در حالی که تأییدهای فراوانی برای نظریه نسبیت وجود دارد که موید قانون جهانی گرانش نیست و بدین ترتیب این نظریه از آن قانون قدرت تبیین کنندگی بیشتری دارد (Trefil, 2003).

بر اساس آن چه گفته شد و برای پرهیز از گرفتار شدن در ابهام مفهوم‌های پیش گفته، روشنگری مفهوم‌هایی مانند تبیین، استنباط، خلاقیت و روش در روشنگری ماهیت علم لازم خواهند بود. مک کومس و همکاران او در جمع بندی هشت سند بین‌المللی درباره ویژگی‌های ماهوی علم، یکی از این ویژگی‌ها را این چنین بیان می‌کنند که «علم تلاشی برای تبیین رخدادهای طبیعی است.» (Mc Comas et al., 2000, p.6). چنین تبیینی هم ناظر به یافتن و گزارش رابطه میان رویداد های طبیعی است و هم ناظر به ساخت نظریه‌های علمی در سطحی پسین و پیچیده‌تر از سطح کشف نظم‌های موجود می‌باشد. لدرمن دراین باره، مفهوم استنباط را به کار برده و آن را رویاروی مفهوم مشاهده قرار می‌دهد. مشاهده‌ها، گزاره‌های توصیفی درباره رویدادهای طبیعی هستند که محصول بهره گیری از حواس و نتیجه آن هستند. به طور نمونه، می‌توان به توصیف بقایای یک ارگانیسم با بهره گیری از حواس اشاره کرد که جنبه واقع نگارانه دارد، اما استنباط از حد حواس فراتر می‌رود و چه بسا مدل‌ها و سازوکارهایی برای تبیین رویدادهای طبیعی پدید می‌آورد. نمونه بارز چنین تبیینی در نسبت با نمونه پیش گفته، نظریه تکامل است (Lederman, 2007). چنین استنباطی رنگ و بوی ساخت و پدید آوری دارد و بدین ترتیب به علم جنبه‌ای ساختنی می‌دهد. اینگونه است که تخیل و خلاقیت دانشمند نیز مانند یکی دیگر از ویژگی‌های مرتبط با ماهیت علم نمایان می‌شود. چنانکه، مک کومس و همکاران، دانشمندان را افرادی خلاق معرفی می‌کنند (Mc Comas et al., 2000, p.6). لدرمن نیز براین باور است که برخلاف باور عمومی، علم فعالیتی فقط و

به طور کامل خردمندانه، منظم و بی روح نیست و دربردارنده ابداع تبیین‌هایی برای رویدادهاست و بنابراین نیازمند خلاقیت دانشمندان است (Lederman, 2007). همین ویژگی ابداعی علم که بیشتر در مرحله نظریه پردازی نمایان می‌شود، سبب می‌شود علم ماهیتی موقتی، تحولی و ناتمام داشته باشد. بدین ترتیب، تفاوت میان کشف نظم‌ها با ساخت نظریه از سوی دانشمند به ترتیب تأکید بر دو جنبه واقع گرا و سازه گرایانه علم است.

نکته پایانی و مرتبط با ویژگی‌های خلاقانه و تحولی علم، بحث «روش» در فرایند کشف نظم‌ها و نظریه‌هاست. فایرابند به ویژه علم را تابع قاعده روش شناسانه خاص و یگانه ندانسته و در برابر هر روش مخصوص و یگانه‌ای موضع می‌گیرد (Feyeraband, 1993). به نظر می‌رسد یکی از دلایل نبود روش یگانه و جهان‌شمول، خلاقانه و ابداعی بودن علم باشد. به سخن دیگر، از آنجا که علم به ویژه در بخش نظریه پردازی از گونه ایده، خلق و ابداع است، نمی‌تواند پیرو روش مخصوصی از استقراء و قیاس گرفته تا حدس و ابطال باشد (Bazghandi & Zarghami-Hamrah, 2011). برای روشنگری بیشتر، این باور که علم همانند هنر است، راه‌گشا به نظر می‌رسد.

همانندی علم با هنر با توجه به ویژگی‌هایی چون خلاقانه و ابداعی بودن، سبب می‌شود که روش‌های علم نیز به قواعد و رسوم هنری شبیه شوند. قواعد و رسومی که به تعبیر استیلی موقتی، ناکامل، محدود، استثناپذیر و محلی هستند. چنین ویژگی‌هایی بیشتر سلبی هستند (Staly, 1999) و بیانگر کثرت روش شناختی قواعد و رسوم هنری و به دنبال آن روش‌های علمی می‌باشند.

عنصر چهارم چرخه علم، پیش بینی است. هر نظریه یا ایده علمی پیش بینی‌هایی آزمون پذیر ارائه می‌دهد که با پیشرفت، گسترش و پیچیدگی روز افزون علم، پیش بینی نظریه‌های علمی نیز متحول می‌شود. چه بسا نظریه‌ها، پیش بینی‌هایی درباره پدیده‌هایی که تاکنون دیده نشده یا تجربه نشده‌اند به دست می‌دهند. گفتنی است فیلسوفان معاصر علم به طور معمول بر آزمون پذیری پیش بینی‌های علمی تأکید می‌کنند، اما آن چه دیدگاه آنها را در این زمینه متمایز می‌کند، چگونگی و کیفیت آزمون پذیری است. به طور نمونه، پوزیتیویست ها ملاک علمی بودن گزاره‌ها را اثبات پذیری[1] می‌دانند و آزمون پذیری را معیاری می‌دانند که با بهره گیری از آن می‌توان نظریه‌ها و گزاره‌های علمی را ثابت کرد. اما پوپر آزمون پذیری را شرط ابطال پذیری[2] و ابطال پذیری را شرط علمی بودن می‌داند.

پوپر منطق علم را ابطال حدس‌ها از راه تجربه می‌داند. در این نگرش آزمون پذیری گویای ماهیت

[1] .verifiability
[2] . falsifiability

حدسی و موقتی نظریه‌ها و ایده‌های علمی است. دیدگاه‌های پسا پوپری نیز بیشتر آزمون پذیری را ملاک اصلاح و تغییر نظریه‌ها و ایده‌های علمی معرفی می‌کنند (Popper, 2010). بدین ترتیب، در نگرش پوزیتویستی به نقش پیشینی آزمون تجربی در پیدایش و گسترش علم تاکید می‌شود و در نگرش‌های پساپوزیتویستی، نقش پسینی آزمون تجربی در آزمون پیش بینی نظریه‌ها و ایده‌های علمی مورد توجه است (Niaz, 2008). چنانکه فایرابند نیز اشاره می‌کند، نظریه‌ها پس از شکل گیری و بر مبنای پیش بینی‌هایی که ارائه می‌دهند، می‌توانند آزمون شوند. او یکی از راه‌های آزمون نظریه‌ها را رویارو کردن آنها با مجموعه‌ای از آزمایش‌های تجربی در وضعیت‌های گوناگون تجربی می‌داند. او همچنین، به معیارهای دیگری مانند پیچیدگی، انسجام و پیش بینی‌های بدیع و بی‌باکانه (در مقابل محافظه کارانه) در آزمون نظریه‌ها اشاره می‌کند (Feyeraband, 1993). سرانجام اینکه توجه به معیارهایی چون انطباق و سازگاری با موقعیت تجربی نو، گویای جنبه تجربی آزمون نظریه‌ها و معیارهایی مانند پیچیدگی و انسجام، گویای جنبه خردمندانه آزمون نظریه‌هاست. چنین ملاک‌هایی به علم، در کنار جنبه ابداعی و سازه گرایانه اش، جنبه‌ای واقع‌گرایانه می‌دهد و مانع از آن می‌شود که هر نظریه‌ای، علمی پنداشته شود.

بر اساس آنچه تاکنون اشاره شد، چنانکه در جدول (۱) ملاحظه می‌شود، می‌توان مدل دو بعدی واقع گرا/سازه گرای را در تبیین عناصر علم و ویژگی‌های ماهوی مرتبط با آنها پیشنهاد کرد.

جدول۱: ابعاد واقع گرا/سازه گرای علم و ویژگی‌های ماهوی آن

مشاهده و تجربه	مشاهده‌ها و تجربه‌ها، سوبژکتیو و سرشار از نظریه هستند. علم فعالیتی فرهنگی است و متأثر از عناصر فرهنگ مانند تاریخ، ساختارهای قدرت، عوامل سیاسی، اقتصادی، اجتماعی، فلسفی و دینی می‌باشد.
نظم و نظریه	علم تلاشی برای تبیین رخدادهای طبیعی است. علم تلاشی برای استنباط نظریه‌ها است. علم فعالیتی خلاقانه و ابداعی است. علم موقتی، ناکامل، ناقطعی، و تحول یابنده است. علم فعالیتی هنری است. علم تابع روش شناسی یگانه و ویژه‌ای نیست.
پیش بینی	علم آزمون پذیر است. مشاهده نقش پسینی اساسی در آزمون ایده‌ها و نظریه‌های علمی دارد. علم جنبه واقع‌گرایانه دارد. با معیارهایی چون کارآمدی، انسجام، دقت، وضوح، پیچیدگی، جسارت و بداعت می‌توان نظریه‌ها و ایده‌های علمی را آزمود.

بازاندیشی در آموزش علوم

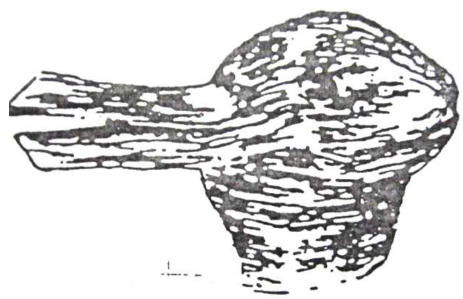
اکنون می‌توان نکته‌هایی برای آموزش علوم بر مبنای ویژگی‌ها و عنصرهای ماهوی پیش گفته برای علم ارائه کرد. ارائه چنین نکته‌هایی بر مبنای گونه‌ای استنتاج ممکن است که هاگرسون کاربرد آن را

بیشتر در قلمرو فلسفه علم می‌داند و نمونه‌ای از آن را چنین مثال می‌زند: از این فرض که «هر چه وجود دارد، قابل اندازه گیری است.» می‌توان به شیوه قیاسی نتیجه گرفت که «همه جنبه‌های آموزش رسمی باید هم کمیت پذیر و هم قابل اندازه گیری باشند؛ زیرا اندازه گیری عامل اصلی تولید اطلاعات برای صورت بندی و تصمیم گیری درباره برنامه درسی است.» (Haggerson, 1991, p.45). در این پژوهش نیز با چنین شیوه‌ای، نکته‌هایی برای آموزش علوم در دبیرستان ارائه می‌شود. گفتنی است چنین نکته‌هایی کلی هستند و ناظر به روش‌های معین تدریس نیستند؛ زیرا چنانکه هرست بیان می‌دارد، ترسیم اصول، روش‌ها و فنون تدریس که در نظریه‌ای تربیتی ترسیم می‌شوند به چند سبب فقط با بهره گیری از مبانی فلسفی ممکن نیست. نخست اینکه برای تجویز اصول، روش‌ها و فنون تدریس بیش از مبانی فلسفی به دیگر مبانی روان‌شناختی، جامعه شناختی و مانند آن نیاز است. دوم این که، وضعیت‌های واقعی در قلمرو تربیت آن چنان پیچیده، ناپایدار و تفسیرپذیرند که نمی‌توان به طورمثال در فرایند استنتاج قیاسی و با بهره گیری از تعداد محدودی گزاره فلسفی، نتیجه‌های هنجارین منطقی به دست آورد. دست‌یابی به نظریه‌ای تربیتی درباره آموزش علوم مستلزم توجه به مبانی گوناگون آن مانند فلسفه، روان شناسی، جامعه شناسی، مطالعات فرهنگی و بسیاری زمینه‌های عملی/تجربی آموزش و نیز برآورد اهمیت نسبی آنهاست که طبیعی است در یک پژوهش از نوع پژوهش حاضر دست‌یابی به نظریه‌ای تربیتی در این باره ممکن نیست (Hirst, 1998). بنابراین، در این پژوهش در راستای بازنگری آموزش علوم بر مبنای بینش سازه گرا/واقع گرای پیش گفته درباره ماهیت علم، نکته‌هایی کلی و فلسفی ارائه می‌شود که به تعبیر کلارک می‌تواند در بینش معلمان علوم درباره علم و آموزش آن اثرگذار باشد (Clarck, 1997). سرانجام، اشاره به برخی مثال‌های معین علمی در اشاره به نکته‌های پیش رو، نیز در راستای روشنگری بیشتر نکته‌ها و نه با هدف ترسیم دلالت‌ها و مثال‌های قطعی، کامل و تردیدناپذیر بیان شده‌اند.

نقش فرهنگ در جهت دهی به مشاهده و تجربه

اشاره شد که یکی از عناصر چرخه علم، مشاهده و تجربه است و به طور سنتی نیز تصور این بوده است که علم با تجربه و مشاهده آغاز می‌شود. در این باره حتی یکی از آسیب‌ها در آموزش علوم این است که در فرایند آموزش و به ویژه در گام‌های نخست به مشاهده و تجربه حسی توجه نمی‌شود. نکته اینجاست که هر مشاهده و تجربه‌ای از سوی عناصر فرهنگی گوناگون از ساختارهای قدرت و عوامل سیاسی، اجتماعی، اقتصادی و تاریخی گرفته تا دین و فلسفه جهت داده می‌شود. خانواده‌ای که فراگیر در آن بزرگ شده، باورها و شرایط فرهنگی آنها، سن و مقطع تحصیلی و دیگر عوامل فرهنگی، همه و همه

پیش فرض‌هایی را در او پدید آورده‌اند که از پس همه آنها به تجربه و مشاهده می‌پردازد. چنین است که فراگیران می‌توانند در کنار توجه به نقش تجربه و مشاهده و بهره گیری از آن در فرایند یادگیری علم، با نقش فرهنگ در جهت دهی به مشاهده و تجربه آشنا شوند. در این باره بهره گیری از مثال‌ها و تبیین‌های متناسب با سن فراگیران مهم است. برای این منظور می‌توان از تصویرهایی بهره گرفت که فراگیران با مشاهده آنها، برداشت‌های متفاوتی را ارائه می‌دهند. در این باره، لدرمن و عبدالخالق نمونه‌هایی را مثال می‌زنند. در یکی از این تصویرها با عنوان «این اردک است یا خرگوش؟» با تصویری روبه رو هستیم که بیشتر به اردک شبیه است. ممکن است بیشتر دانش آموزان با دیدن این تصویر بگویند اردک است. می‌توان فراگیران را ترغیب کرد که حدس‌های دیگری بزنند و در صورتی که باز هم تصویر خرگوش را تشخیص ندادند، از آنها پرسید که آیا خرگوش نیست؟ و زاویه نگاهی را که شکل به مانند یک خرگوش نشان می‌دهد، برای آنها ترسیم کرد. اکنون می‌توان چنین پرسش‌هایی را فرا روی فراگیران گذاشت: چرا برخی از ما فقط اردک را دیدیم؟ آیا ممکن است دانشمندی واقعیتی را از یک دیدگاه ببیند و تفسیر ویژه‌ای از آن داشته باشد. در حالی که دانشمند دیگری همان رویداد را به گونه‌ای دیگر ببیند و برداشت‌های دیگری از آن ارائه دهد؟ (Lederman & Abd-El-Khalick, 2000, pp. 83-126)



شکل ۲: این اردک است یا خرگوش؟

در این راستا، می‌توان مثال‌های تخصصی‌تری از قلمرو علوم را مطرح کرد. برای نمونه می‌توان از فراگیران پرسید آیا کسی پیش از نیوتن فرو افتادن سیب یا دیگر اشیا را ندیده بود؟ پس چرا با وجود بی‌شمار مشاهده از فرو افتادن‌ها کسی پیش از نیوتن به ایده قانون گرانشی دست نیافت؟ در سطحی پیشرفته‌تر حتی می‌توان به مشاهده‌ها و تجربه‌هایی اشاره کرد که در طول تاریخ علم به ایده‌های علمی انجامیده‌اند، در حالی که در آزمون‌های بعدی تأیید نشده‌اند. برای نمونه، این ایده ارسطو که «زمین ثابت و سایر اجرام آسمان و از جمله خورشید به دور آن می‌چرخند.» با وجود هم سویی با مشاهده‌های روزمره و

از منظر ناظر ساکن زمینی، از سوی گالیله مورد سوال قرار گرفت. طرح این پرسش از این رو بود که گالیله مشاهده‌های معمول را بر مبنای پیش فرض‌ها و چالش‌های نظری که درباره ایده ارسطو داشت، به گونه‌ای دیگر تفسیر کرد و به این ایده نو و البته واقعی‌تر دست یافت که زمین در حال حرکت است.

نمونه تاریخی دیگر، مدل اتمی پیشنهادی بوهر است. برخی چنین استدلال می‌کنند که بوهر پس از مشاهده و آشنایی با آزمایش‌های تجربی بالمر و پاشن درباره طیف اتم هیدروژن، ایده یا همان مدل اتمی خود را در تبیین نظری این سری‌های تجربی و آزمایشی ارائه کرده است. در حالی که اسناد تاریخی نشان می‌دهند که بوهر پیش از نوشتن نخستین مقاله‌اش درباره مدل اتمی پیشنهادی، درباره سری‌های بالمر و پاشن و آزمایش‌های آنها چیزی نشنیده بود. چنین است که مسئله بوهر نه تبیین سری‌های بالمر و پاشن و تجربه‌های آنها بلکه تبیین نظری مسئله پایداری اتم رادرفورد بود. مسئله او این بود که اگر رادرفورد می‌گوید الکترون‌ها با بار منفی در اطراف هسته مثبت قرار دارند و با توجه به این که بارهای مثبت و منفی یکدیگر را می‌ربایند، پس چرا الکترون‌ها روی هسته سقوط نمی‌کنند و اتم همچنان پایدار است؟ (Niaz, 2008). بنابراین، به نظر می‌رسد که تبیین نظری و نه تبیین تجربی گام اساسی پیشین در پیدایش علم است.

ماهیت تبیینی- استنباطی- ابداعی و در نتیجه موقتی و تحول یابنده نظریه‌ها و ایده‌های علمی

در مدل پیشنهادی برای تبیین عناصر علم و ویژگی‌های ماهوی مرتبط با آن اشاره شد که ایده‌ها و نظریه‌های علمی ماهیتی تبیینی و استنباطی دارند و همین ویژگی‌ها به علم جنبه‌ای ابداعی می‌دهد. چنین است که در فرایند آموزش علم نیز می‌توان این ویژگی‌ها را برای ایده‌ها، نظریه‌ها و مدل‌های علمی در نظر داشت. لدرمن و عبدالخالق در این خصوص خاطرنشان می‌کنند که باید به فراگیران آموخته شود که مدل‌های علمی، برگردان واقعیت نیستند، بلکه آنها ساخت‌های استنباطی هستند که نمودهای مشاهده شدنی را تبیین می‌کنند. نظریه‌های علمی نیز از آن رو که تبیین‌های استنباط شده برای نمودهای مشاهده شدنی هستند، به مدل‌های علمی شباهت دارند (Lederman & Abd-El-Khalick, 2000).

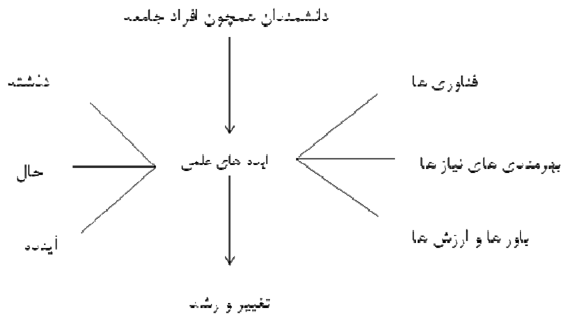
بنابراین، در آموزش علم می‌توان به ایده‌های علمی در طول تاریخ اشاره کرد و آنها را مثال زد. یکی از مثال‌ها می‌تواند این ایده آمپدکلس باشد که همه جهان از آمیزش چهار عنصر آب، آتش، خاک و هوا پدید آمده است. این ایده در زمان خود در پی تبیین هویت پایدار و ثابت جهان در پس تنوع چیزها در جهان و تغییر آنها بوده است. در همین زمینه گلدمن نیز با اشاره به این که نظریه اتمی درباره ماده در راستای تبیین پایداری جهان با وجود تغییر و تنوع ظاهری استنباط شده است، ادعا می‌کند که نظریه

سلولی[1] زندگی، نظریه میکروبی[2] بیماری و نظریه ژنتیک[3] وراثت نیز برای تبیین جنبه‌های دیگر جهان با نگرش اتمی[4] به جهان، استنباط و ابداع شده‌اند. در مقابل، گلدمن ادعا می‌کند که از اواخر سده نوزدهم و اوایل سده بیستم و با توجه به ایده هراکلیتوس مبنی بر تغییر و دگرگونی مداوم جهان، نگرش فرایندی[5] به جهان نمایان شده و دانشمندان برای تبیین رویدادها از این منظر، ایده‌های جدیدی را استنباط و ابداع کرده‌اند که یکی از آنها ایده انرژی و صورت‌های مختلف آن مثل انرژی گرمایی، الکتریکی، نورانی، مکانیکی و نظریه‌های مرتبط با آنها و از جمله ایده بقای انرژی است. با ابداع چنین ایده‌ای می‌توان برخی رویدادهای طبیعی مانند تبدیل انرژی حاصل از واکنش‌های هسته‌ای خورشید به نور و نیز تبدیل همین نور به گرما (در فرایند گرم شدن آب بر اثر تابش نور خورشید)، الکتریسیته (در فرایند باطری‌های خورشیدی) و انرژی شیمایی(در فرایند سنتز گیاهان بر اثر تابش نور خورشید) را تبیین کرد (Goldman, 2007).

پس از اشاره به این نمونه‌ها معلم می‌تواند در قالب مثال‌های ساده، زمینه تبیین پدیده‌ها و استنباط و زمینه ابداع ایده‌های علمی را فراهم کند. برای نمونه، او می‌تواند پس از تبیین چگونگی تشکیل سایه و با طرح پرسش‌های هدف‌دار از فراگیران بخواهد رابطه سایه اجسام با خود آنها را توصیف کنند. چنان که کیپنیس نیز اشاره می‌کند چنین بحثی را نخستین بار ارسطو مطرح کرده است. یکی از جنبه‌های چنین توصیفی می‌تواند این باشد که «سایه اجسام شبیه خود آنهاست.» اکنون پرسش معلم این خواهد بود که «چرا سایه اجسام شبیه خود آنهاست؟» فراگیران در این باره به بحث می‌نشینند و در این میان یکی از ایده‌هایی که ممکن است طرح شود این است که «سبب شباهت سایه اجسام به خود آنها این است که نور به خط راست حرکت می‌کند؛ زیرا در غیر این صورت ممکن بود سایه اجسام شبیه خود آنها نباشد.» (Kipnis, 2000).

ماهیت استنباطی- ابداعی سبب می‌شود که نظریه‌ها و ایده‌های علمی موقتی، ناکامل، ناقطعی و تحول یابنده باشند. نات و ولینگتون با اشاره به ویژگی‌هایی چون تغییر و رشد برای ایده‌های علمی، عوامل و عناصر نقش آفرین در شکل گیری ایده‌های علمی با چنین ویژگی‌های ماهوی را نشان داده اند (Not & Wellington, 2000, p 25). عوامل و عناصر نقش آفرین در شکل گیری ایده‌های علمی در شکل (۲) نشان داده شده است.

1. the cell theory
2. the germ theory
3. the gene theory
4. atomistic style
5. process style



شکل ۱: عوامل و عناصر نقش آفرین در شکل گیری ایده‌های علمی

در این شکل، ایده‌های علمی از سوی دانشمندان مانند افراد جامعه ابداع می‌شوند و در تعامل با فرهنگ (شامل فناوری‌ها، نیازها و باورها و ارزش‌ها) و گذشته، حال و آینده دست خوش تغییر و رشد می‌شوند. آنها در روشنگری بیشتر چنین وضعیتی به ایده‌های تاریخی علمی اشاره می‌کنند. مالتوس[1]، اقتصاد بازار و آدام اسمیت[2]، داروین را تحت تاثیر قرار داد. بیش از این، فناوری‌های نوین نه فقط چگونگی جمع آوری داده‌ها را تغییر داده‌اند، بلکه در عمل ایده‌های علمی نوینی پدید آورده‌اند. برای نمونه، تشبیه قلب به پمپ از سوی هاروی به این سبب بود که او پمپ را دیده بود. در حالی که آناتومیست های پیشین، چه بسا آن را ندیده بودند. همچنین مهندسی کامپیوتر، تبیین‌هایی را برای چگونگی کارکرد مغز انسان پدید آورده است. چنین مثال‌هایی می‌توانند در آموزش علم به کار آیند.

ماهیت خلاقانه، هنری و روش آزاد علم

چنانکه اشاره شد، علم فعالیتی خلاقانه و هنری است که تابع روش شناسی یگانه و ویژه‌ای نیست. مفهوم‌هایی مانند فعالیت خلاقانه، فعالیت هنری و فعالیت روش آزاد در فرایند علم هر یک معنا و ادبیات گسترده و دقیقی دارند که در ادامه تلاش می‌شود به فراخور ضرورت‌های این مطالعه و بهره گیری از نتایج پژوهش‌های پیشین به طور مختصر توضیح داده شوند.

استرنبرگ بر این باور است که فعالیت خلاقانه ترکیبی از قدرت ابتکار، انعطاف پذیری و حساسیت است که فرد را قادر می‌سازد به نتیجه‌های متفاوت و مولد برسد. در چنین فعالیتی نیروهایی چون خرد، احساس، شهود، تصور و خیال نقش آفرینی می‌کنند (Sternberg, 2003). بدین ترتیب، فراهم کردن

---

1. Malthus
2. Adam Smith

شرایط تجربه‌های نو و بیان باورهای متفاوت می‌تواند زمینه‌ای باشد که فراگیران علوم حصارها، محدودیت‌های ذهنی و تعصب‌های خود را گشوده و تغییر دهند و بدین شکل رویدادها را از زاویه‌ای نو و متفاوت بنگرند. در این راه طرح ایده‌های دانشمندانی که در طول تاریخ با تغییر نگاه، تحول‌هایی را پدید آورده‌اند، سودمند خواهد بود. یکی از این نمونه‌ها، تغییر نگاه اینشتین به مفهوم زمان از امری مطلق، آن چنان که نیوتن باور داشت، به امری نسبی است که خود به ایده‌ای نو یعنی نظریه نسبیت انجامیده است.

نکته دیگر فراهم کردن زمینه عاطفی و روانی تغییر است. بحث در این باره از قلمرو این پژوهش خارج است، اما در حد اشاره می‌توان به سازوکارهایی چون پرسشگری، چالش برانگیزی، پذیرش ایده‌های عجیب و تحریک خطر پذیری دانش آموزان اشاره کرد که از سوی اسپکتور، استرانگ و لپورتا در فرایند آموزش مطرح شده‌اند (Spector, Strong & La porta, 2000). نکته مرتبط دیگر، کل نگری است. یکی از راه‌های برون رفت از روش‌ها و قالب‌های معمول، جستجوی چگونگی ارتباط هر مسئله و موضوع با زمینه وسیع‌تر است. در این زمینه می‌توان فراگیران را به کل نگری تشویق کرد به گونه‌ای که آنها ترغیب شوند درباره ارتباط رویدادها در طبیعت اندیشه و فعالیت کنند. چنین تلاشی سبب برقراری ارتباط‌های جدید بین رویدادها می‌شود. ایده یافتن نیروی واحد در طبیعت که همه نیروهای موجود چون گرانشی، الکترومغناطیسی، هسته‌ای ضعیف و هسته‌ای قوی را به هم مرتبط می‌کند، محصول چنین نگاهی به طبیعت بوده است که می‌تواند در آموزش علوم مطرح شود.

سرانجام و چنانکه ریاضی نیز اشاره می‌کند، بسیاری از ایده‌های خلاقانه محصول نگریستن مشتاقانه به طبیعت و درک زیبایی آن بوده است (Riazi, 2011). این نکته سرآغاز بحث ارتباط فعالیت و روش هنری و ویژگی‌های آن است. استیلی در تبیین ویژگی‌های ماهوی قواعد و رسوم هنری، آنها را موقتی، ناکامل، محدود، استثناپذیر و محلی می‌داند (Staly, 1999). تبیین چنین ویژگی‌هایی خود نیازمند پژوهش دیگری است، اما در حد اشاره می‌توان پیشنهاد کرد که در آموزش علوم به ایده‌های متفاوت و افق‌های گوناگون که چه بسا تاکنون تجربه پذیر نبوده و نیستند و نیز با باور همگان و نظریه‌های موجود رویارو هستند نیز احترام گذاشته و تشویق شود. همچنین طرح پاسخ‌های غیرمستقیم و پرسش برانگیز به پرسش‌های فراگیران راه را برای دقت و نیز فعالیت خلاقانه فراگیران می‌گشاید. در این راستا لدرمن و عبدالخالق نمونه‌هایی را با هدف دیگری مثال می زنند که می‌توانند روشنگر نکته پیش گفته باشند. یکی از مثال‌ها، رد پاهای دشوار[1] نام دارد (Lederman & Abd-El-Khalick, 2000, pp. 83-126) که در شکل

[1]. tricky tracks

(۳) نشان داده شده است.



شکل ۳-۱: رد پاهای دشوار



شکل ۳-۲: رد پاهای دشوار



شکل ۳-۳: رد پاهای دشوار

پس از ارائه این شکل‌ها (البته نه به شکل ترتیبی، بلکه به طور نمونه، نخست طرح ۳-۳، سپس طرح ۳-۱ و در نهایت طرح ۳-۲ نشان داده می‌شود) می‌توان از دانش آموزان خواست برداشت خود را از این طرح‌ها بیان کنند. یکی ممکن است بگوید دو اردک به سوی هم آمده‌اند و پس از درگیری، یکی از آن‌ها زنده مانده و رفته است. دیگری ممکن است بگوید این‌ها رد پاهای دو دایناسور است. سومی ممکن است بگوید دو پرنده آمده‌اند و در نهایت یکی، دیگری را بر دوش خود سوار کرده و رفته‌اند! حتی ممکن است فراگیر دیگری حدس بزند که این فقط یک طرح است و بر واقعیتی درباره دو حیوان دلالت ندارد. همه این پاسخ‌ها و حتی موارد عجیب و خنده دار نیز مهم و قابل توجه خواهند بود. همچنین می‌توان با طرح پرسش‌های جهت دار دیگر راه را برای پاسخ‌های بیشتر، ژرف‌تر و متفاوت‌تر باز کرد. برای نمونه می‌توان بحث زمان را وارد کرد و از فراگیران پرسید اگر یکی از رد پاها دیروز و دیگری امروز شکل گرفته باشد چه؟

سرانجام و در ارتباط با نکته‌های پیشین می‌توان اشاره‌ای نیز به آموزش روش آزاد علم داشت. در این باره رهایی فراگیران از قید و بندهای روش شناسانه که حتی گاه به نام تجربه یا تجربه گرایی و خرد یا

خردگرایی پدید آمده‌اند، لازم به نظر می‌رسد. چنین است که در فرایند آموزش علم، فرصت آزاد اندیشی ورای بازگویی دانش علمی موجود لازم به نظر می‌رسد. در این راه آگاهی و توجه به همه روش شناسی های موجود و نیز تقویت تمایلات خلاقانه و هنری لازم است به گونه‌ای که منجر به رویکردی منعطف در آموزش علوم شود.

آزمون پذیری ایده‌ها و نظریه‌های علمی بر اساس ملاک‌هایی چون انسجام، دقت، میزان سازگاری با وضعیت‌های تجربی پسین و تقریب‌های جسورانه و پیچیده

در تشریح ویژگی‌های ماهوی علم اشاره شد که علم آزمون پذیر است و در این راستا مشاهده نقش پسینی اساسی در آزمون ایده‌ها و نظریه‌های علمی دارد. از این منظر، علم جنبه واقع‌گرایانه دارد. در این راه اصل تبیین انتقادی پیشرفتی[1] می‌تواند راهنمای فرایند آموزش علوم باشد. در این پژوهش، این اصل با الهام از این ایده پوپر که «پیشرفت علمی برمبنای تبیین انتقادی پدیده‌های علمی ممکن است.» پیشنهاد شده است.

در این راه گامی بیشتر از تبیین نظریه‌ها در توالی تاریخی برداشته می‌شود. به این معنا که به فراگیران کمک می‌شود تا با بهره گیری از ملاک‌هایی چون انسجام، میزان سازگاری هر یک از نظریه‌ها با وضعیت‌های تجربی پسین، و تقریب‌های جسورانه و پیچیده به بررسی نقادانه و هم زمان نظریه‌های رقیب بپردازند. لذا، می‌توان با بهره گیری از نتایج پژوهش‌های گوناگون، باورهای پیشین علمی فراگیران را با چالش روبرو کرد که این کار سبب درگیری بیشتر فراگیران و در نتیجه فهم بهتر نظریه‌ها می‌شود.

در این جا می‌توان برای روشنگری بیشتر به مثال مدل‌های اتمی تامسون، رادرفورد و بوهر اشاره کرد. آموختن متوالی مدل‌های اتمی تامسون، رادرفورد و بوهر به تنهایی روشنگر واقعیت پیشرفت علمی و چرایی و چگونگی آن نیست. بیش از این لازم است تضاد میان فرضیه‌های رقیب و نیز تحول آنها با نظر به شواهد جدید نیز تبیین شود.

برای نمونه باید آشکار شود که آزمایش‌های رادرفورد، دلائلی را ضد مدل اتمی تامسون فراهم می‌کرد. این مدل تقریبی جسورانه‌تر، منسجم‌تر و پیچیده‌تر بود و قدرت تبیین بیشتری برای مشاهده‌های تجربی بعدی فراهم می‌کرد. در گام بعد مدل اتمی بوهر چنین وضعیتی را نسبت به مدل رادرفورد داشته است.

---

[1]. Critical Progressive Explanation

نتیجه

هدف اصلی این پژوهش، ارائه بینشی سازه گرا/واقع گرا درباره ماهیت و عناصر چرخه علم و بازاندیشی آموزش علوم تجربی به ویژه در دوره متوسطه بود. اکنون و در باهم نگری می‌توان اشاره کرد اگر هدف از آموزش علم به جای فقط انتقال اطلاعات علمی، پرورش روحیه علمی در دانش آموزان باشد به صورتی که آنها به درک پیچیده‌تر و کامل‌تری از فرایند شکل گیری و گسترش علم برسند و بر بنیاد آن بیندیشند و زندگی کنند، آنگاه بررسی ماهیت علم روشنگری‌های فراوانی برای آموزش علوم دارد که در این پژوهش با برگرفتن بینشی سازه گرا/واقع گرا درباره ماهیت علم، به برخی نکته‌ها در این باره اشاره شد. بر اساس یافته‌های پژوهش، بازنگری در بینش‌های واقع گرای محض به ویژه نگرش پوزیتیویستی/ استقرایی و نیز بینش‌های سازه گرایانه محض در برنامه‌های درسی علوم و به دنبال آن بازنگری در بسیاری از بدفهمی‌ها، کاستی‌ها و نارواییها در هدف‌های آموزش علوم، محتوای آموزشی و کتاب‌های راهنمای معلم، روش‌های تدریس علوم و شیوه‌های ارزشیابی آن و نیز در تربیت معلم همچون مؤلفه‌ها و ابعاد آموزش علوم پیشنهاد می‌شود.

قدردانی

این مقاله برآمده از پژوهشی با شماره ۴/۱۱۰۶ است که با حمایت مالی معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه خوارزمی انجام شده است که بدین وسیله از معاون و همکاران محترم این حوزه، قدردانی می کنم.

منابع

باقری، خسرو (۱۳۸۹). *فلسفه تربیت جمهوری اسلامی ایران*. جلد دوم. تهران: پژوهشکده مطالعات فرهنگی و اجتماعی وزارت علوم، تحقیقات و فناوری.

ریاضی، نعیمه(۱۳۹۰). *بررسی معرفت شناسانه خلاقیت و استنتاج اصول پرورش خلاقیت در فرایند تدریس*. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه خوارزمی، دانشکده روان شناسی و علوم تربیتی.

کلارک، چارلز (۱۳۷۶). *چرا معلمان به فلسفه نیاز دارند؟*. ترجمه خسرو باقری در فلسفه تعلیم و تربیت معاصر. خسرو باقری و محمد عطاران. تهران: انتشارات محراب قلم.

نقیب زاده، میر عبدالحسین.(۱۳۸۷). *نگاهی به نگرش‌های فلسفی سده بیستم*. تهران: طهوری.

هاگرسون، نلسون ال (۱۳۸۷). کاوشگری فلسفی: نقد توسعی. ترجمه محمد جعفر پاک سرشت در *روش شناسی مطالعات برنامه درسی*. ادموند سی.شورت، ترجمه محمود مهر محمدی و همکاران. تهران: انتشارات سمت

و پژوهشگاه مطالعات آموزش و پرورش.

Abell, S. K., & Lederman, N.G. (2007). *Handbook of research on science education*. New York: Tylor and Francis.

Bagheri Noaparast, K. (2010). *Philosophy of education of Islamic Republic of Iran*. Vol. 2. Tehran: Institude of cultural and social studies.

Bagheri Noaparast, K. (1995). Toward a more realistic constructivism. *Advances in personal construct theory*, No. 3, 37-59.

Bazghandi, P., & Zarghami-Hamrah, S. (2011). The principles of teaching science based on the ideas of Feyerabend regarding the nature of science and the manner of its expansion. *Procedia-Social and behavioral Sciences*, No. 29, 969-975.

Bhaskar, R. (2008). *A realist theory of science*. New York: Rout ledge.

Chalmers, A. F. (1999). *What is this thing called science?* (3rd Ed). Indianapolis/ Cambridge: Hackett publishing company.

Clarck, C. (1997). *Why teachers need philosophy?* Trans. Khosro Bagheri. In: Contemporary philosophy of education. K, Bagheri; M. Attaran. Tehran: Mehrab Ghalam.

Feyerabend, P.K. (1993). *Against method* (3rd Ed). London: Verso.

Fraser, B. J., & Tobin, K.G. (1988). *International handbook of science education* (Eds). New York: Springer.

Fraser, B. J., Tobin, K.G., & Mc Robie, C. J. (2012). *Second international handbook of science education* (Eds). New York: Springer.

Gabel, D. (1994). *Handbook of research on science teaching and learning* (Ed). London: Macmillan.

Given, L. M. (2008). The sage encyclopedia of qualitative research methods. (Ed). London: Sage.

Glasersfeld, E. V. (2001). The radical constructivist view of science. *Foundations of Science, special issue on The Impact of Radical Constructivism on Science*, 6 (1–3), 31–43.

Goldman, S. (2007). *Great scientific ideas that changed the world*. Virginia: The teaching company.

Haggerson, N. L. (1991). Philosophical Inquiry: Ampliative Criticism. In E. C. Short (Eds), *Forms of Curriculum Inquiry*. New York: State University of New York Press.

Hanna, P., & Harrison, B. (2002). The limits of relativism in the late Wittgenstein". In *A companion to relativism*. Ed by Steven D. Hales. New York: Wiley-Blackwell.

Hirst, P. H., & White, P.(1998). *Philosophy of Education: Major thems in analytic tradition* (Eds). New York: Routledge.

Hooker, C. (2011). *Philosophy of complex systems*. New York: Elsevier.

Kipnis, N. (2000). A history of science approach to the nature of science: learning science by rediscovering it. In *the nature of science in science education: rationals and strategies*. Ed by William F. McComas. London: Kluwer academic publishers.

Lederman, N. G. (2007). Nature of science: Past, present and future. In S. K. Abell and N. G. Lederman(Eds), *Handbook of research on education*.(pp 831-879). Mahwah, NJ: Erlbaum.

Lederman, N., & Abd-El-Khalick, F. (2000). Avoiding de- natured science: activities that promote understandings of the nature of science. In *the nature of science in science*

education: rationals and strategies. Ed by William F. McComas. London: Kluwer academic publishers.

Losee, J. (2001). *A historical introduction to the philosophy of science* (4 rd Ed). Oxford: Oxford University Press.

Matthews, M. (2000). Foreword and introduction. In *the nature of science in science education: rationals and strategies*. Ed by William F. McComas.London: Kluwer academic publishers.

Matthews, M. R. (1994). *Science teaching: the role of history and philosophy of science*. London & New York: Routledge.

McComas, W. F. (2000). *The nature of science in science education: rationals and strategies*. (Ed).London: Kluwer academic publishers.

McComas, W. F., Clough, M. P., & Almazroa, H. (2000). The role & character of the nature of science in science education. In *the nature of science in science education: rationals and strategies.* Ed by William F. McComas.London: Kluwer academic publishers.

Mintzes, J., & Leonard, W. H. (2006). *Handbook of college science teaching*. Arlington: National Science Teacher Association.

Naghib Zadeh, M, A. (2008). *An Introduction to 20th philosophical views*. Tehran: Tahoori.

Niaz, M. (2008). *Teaching general chemistry: a history and philosophy of science approach.* New York: Nova science.

Not, M., & Wellington, J. (2000). A program for developing understanding of the nature of science in teaching education. In t*he nature of science in science education: rationals and strategies.* Ed by William F. McComas.London: Kluwer academic publishers.

Peters, M. A. (2006). Special issue—Philosophy of science education. *Educational philosophy and theory*, 38 (5), 579-584.

Pietschmann, H. (1995). Constructive realism and education in physics. In Vincent Shen & Tran Van (Eds.), *Philosophy of science and education: Chines and European views.* Washington: Library of congress cataloging- in- publication.

Popper, K. R. (2010). *Conjectures and refutations: the growth of scientific knowledge.* New York & London: Routledge.

Riazi, N. (2011). *Epistemological study of creativity and deducung the principles of developing creativity in the process of teaching*. MA thesis. Kharazmi University. Education Faculty.

Rihoux, B. (2006). Qualitative comparative analysis (QCA) and related systematic comparative methods: Recent advances and remaining challenges for social science research. *Journal of International Sociology*, 21, 670-706.

Spector, B., Strong, P., & La porta, T. (2000). Teaching the nature of science as an element of science. Technology and society. *In the nature of science in science education: rationals and strategies*. Ed by William F. McComas.London: Kluwer academic publishers.

Staley, K. W. (1999). Logic, Liberty, & Anarchy: Mill & Feyerabend on scientific Method. *The Social Science Journal*, 36 (4), 603-614.

Sternberg, J. R. (2003). *Wisdom, Intelligence and creativity sjnthesized*. Cambridge: Cambridge university press.

Taber, K. S. (2006). Constructivism's new clothes: the trivial, the contingent, and a

progressive research programme into the learning of science. *Foundations of chemistry*, 8, 189–219.

Trefil, J. (2003). *The nature of science: An A-Z guide to the laws and principles governing our universe* (Ed). Boston: Houghton Mifflin Harcourt.

Wallner, F. (1994). *Constructive realism: aspects of a new epistemological movement*. Vienna: BraumÜller.

Wallner, F. (1995). Constructivism and alienating inter-disciplinarity: its educational concequences. In Vincent Shen & Tran Van (Eds). *Philosophy of science and education: chiness and European views*. Washington: Library of congress cataloging- in- publication.

Wallner, F. (1998). *A new vision of science. 20th world conference of philosophy*. Boston, Massachusetts, USA.

Wallner, F., & Jandl, M. J. (2006). The importance of constructive realism for the indigenous psychologies approach. In Uichol Kim; kuo-Shu Yang & Kwang-Kuo Hwang (Eds). *Indigenous and cultural psychology: understanding people in context*. New York: Springer.

Zarghami-Hamrah, S. (2012). The Nature of Knowledge in Constructive Realism: A Ground for Revision of Chemistry Education in High Schools. In Friedrich Wallner et al., *Aspects of constructive realism*. New York: Peter Lang.